

УДК 334.71:656:338.245

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ

Матчин Василий Тимофеевич,

*старший преподаватель кафедры инструментального и прикладного программного обеспечения,
e-mail: matchin.v@gmail.com,*

*Институт информационных технологий Российского технологического университета (РТУ МИРЭА),
г. Москва,*

Рогов Игорь Евгеньевич,

*директор Института довузовской подготовки, ответственный секретарь приёмной комиссии,
e-mail: rogov@mirea.ru,*

Российский технологический университет (РТУ МИРЭА), г. Москва

Жизненный цикл определяет период и качество функционирования систем и продуктов. Поскольку модель жизненного цикла применяют во многих направлениях, исследования по условиям его увеличения являются актуальными. Жизненный цикл программного обеспечения является важной характеристикой, поскольку определяет жизненный цикл информационной системы, в состав которой это программное обеспечение входит. В частности, жизненный цикл обучающих систем связан с жизненным циклом программного обеспечения. В статье исследуется жизненный цикл обучающих систем и влияние на него программного обеспечения. В статье вводятся три понятия объектов по критерию жизненного цикла: объекты – носители жизненного цикла; объекты с управляемым жизненным циклом; объекты с зависимым жизненным циклом. В зависимости от типа объекта рассматриваются модели жизненного цикла для разных ситуаций. Показано различие между диссипацией и деградацией объектов – носителей жизненного цикла (как процесса затухания развития и процесса ухудшения характеристик с течением времени). Показано, что резервирование и регенерация программного обеспечения увеличивают жизненный цикл обучающих систем. Предлагается ресурсная модель жизненного цикла, основанная на том, что объем ресурсов и скорость их расходования определяют жизненный цикл системы. Основная концепция работы заключается в увеличении жизненного цикла обучающих систем за счет использования регенерации программного обеспечения.

Ключевые слова: обучающая система, жизненный цикл, программное обеспечение, регенерация, ресурсный подход

LEARNING SYSTEMS SOFTWARE LIFE CYCLE

Matchin V.T.,

*senior lecturer of the department of instrumental and applied software,
e-mail: matchin.v@gmail.com,*

Institute of information technologies of the Russian Technological University (RTU MIREA), Moscow,

Rogov I.E.,

*director of the Institute before university preparation, executive secretary of the admissions committee,
e-mail: rogov@mirea.ru,*

Russian Technological University (RTU MIREA), Moscow

The life cycle determines the period and quality of functioning of systems and products. Since the life cycle model is used in many directions, research on the conditions for its increase is relevant. The software lifecycle is an important characteristic, since it defines the lifecycle of the information system that the software is part of. In particular, the life cycle of training systems is related to the life cycle of software. The article examines the life cycle of training systems and the impact of software on it. The article introduces three concepts of objects according to the life cycle criterion: objects-carriers of the life cycle; objects with a managed life cycle; objects

with a dependent life cycle. Depending on the type of object, life cycle models are considered for different situations. The difference between the dissipation and degradation of objects - carriers of the life cycle (as a process of attenuation of development and the process of deterioration of characteristics over time) is shown. It is shown that software redundancy and regeneration increase the life cycle of training systems. A life cycle resource model is proposed, based on the fact that the volume of resources and the speed of their expenditure determine the life cycle of the system. The main concept of the work is to increase the life cycle of training systems by using software regeneration.

Keywords: training system, life cycle, software, regeneration, resource approach

DOI 10.21777/2500-2112-2020-1-49-57

Введение

Модель «Жизненный цикл» (Life cycle) применяют в различных направлениях [10; 13; 16]: биологии, экономике, политике, моделировании, вычислениях, информатике, военном деле, приборостроении, строительстве и т.д. Содержание жизненного цикла (ЖЦ) состоит в том, что он отражает последовательность временных периодов, на каждом из которых объект проявляет себя по-разному. Одно из первых понятий ЖЦ связано с развитием и жизнью организмов. Жизненный цикл живых организмов есть совокупность фаз развития [1]. Живой организм, пройдя все фазы, дает начало следующему поколению, замыкая тем самым ЖЦ. От жизненного цикла организмов отличается жизненный цикл инновации. Жизненный цикл инновации [4] – период времени от зарождения инновационного продукта до его замены более совершенным и эффективным продуктом. Жизненный цикл инновационного продукта существенно зависит от диффузии инновации и диссипации продукта в процессе эксплуатации. Это закономерный процесс. Жизненный цикл инновационного продукта также зависит от конъюнктуры рынка и от продукции конкурентов. Это не детерминированный процесс. В конкурентной среде жизненный цикл инновационного продукта короче, в условиях монополии жизненный цикл увеличивается. На этом примере можно сделать вывод о том, что жизненный цикл зависит не только от ресурсов объекта, но и от состояния внешней среды. В условиях конкуренции жизненный цикл продукции является естественным, на смену устаревающей продукции естественно приходит новая продукция. Отсюда следует, что жизненный цикл является важным инструментом управления [6; 12].

Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии РФ 01.03.2012 года принят стандарт ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010 «Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств», идентичный международному стандарту ISO/IEC 12207:2008 “System and software engineering – Software life cycle processes”. Этот стандарт описывает структуру процессов жизненного цикла программных средств. Структуру, определяющую последовательность выполнения и взаимосвязи процессов, действий и задач на протяжении жизненного цикла программного обеспечения (ПО) называют моделью жизненного цикла ПО.

Жизненный цикл системы делится на естественный и конкурентный. Естественный жизненный цикл системы – это временной период, в течение которого система эффективно функционирует применительно к выбранному критерию оценки эффективности без учета влияния среды или других систем. Конкурентный жизненный цикл системы – это временной период, в течение которого система эффективно функционирует с учетом взаимодействия или противодействия с другими системами. Например, в среднем программное обеспечение имеет условный жизненный цикл 2–3 года. Однако вирусная атака как воздействие внешней среды может прервать ЖЦ программной системы гораздо раньше. На этом примере можно сделать вывод о том, что жизненный цикл системы существенно зависит от воздействия внешней среды и поэтому необходимы механизмы защиты. Следуя из определения, модель жизненного цикла системы разнообразна и рассмотрение в каждом конкретном случае и исследование этой модели актуально.

Носители жизненного цикла и нормативы для жизненного цикла

Жизненный цикл объектов зависит от их собственных ресурсов и воздействия среды. По этому критерию можно определить объекты – носители жизненного цикла и объекты с управляемым жизненным циклом. На рисунке 1 показан объект (O), который функционирует для достижения своей цели (T).

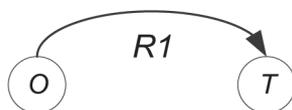


Рисунок 1 – Объект, использующий ресурсы для собственных целей

Объект обладает общими ресурсами (R), которые в этом случае все направлены на достижение цели. Обозначим через R1 ресурсы, которые используются для функционирования объекта, самоорганизации, то есть на внутренние нужды. Соответственно, для рисунка 1 имеет место

$$R = R1. \tag{1}$$

Выражение (1) констатирует, что для ситуации, приведенной на рисунке 1, все ресурсы объекта направлены на поддержку его функционирования. Нормальное функционирование объекта определяет его жизненный цикл (LC), то есть

$$LC = k1 \times R. \tag{2}$$

При условии (1) и с учетом (2)

$$LC = LC1 = k1 \times R1, \tag{3}$$

где k1 – переходный коэффициент.

Выражение (3) означает, что все ресурсы тратятся на поддержание функционирования объекта и это определяет жизненный цикл объекта для ситуации LC1.

Возможна ситуация, когда объект находится в среде и эта среда (E) негативным образом воздействует на него. Эта ситуация приведена на рисунке 2.

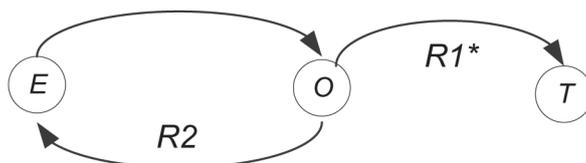


Рисунок 2 – Объект, использующий ресурсы для отражения воздействия и достижения собственных целей

Для ситуации на рисунке 2 объект обладает общими ресурсами (R), которые в этом случае частично направлены на достижение цели R1* и частично для отражения деструктивного действия внешней среды. Обозначим через R2 ресурсы, которые используются для отражения воздействия среды. Для рисунка 2 имеет место

$$R = R1* + R2. \tag{4}$$

Выражение (4) означает, что не все ресурсы соответствуют ресурсам, которые тратятся на поддержание функционирования объекта, и это определяет жизненный цикл объекта для ситуации LC2 в виде

$$LC2 = k1 \times R1* = k1 \times (R - R2). \tag{5}$$

В силу того, что R1* < R1 следует, что LC2 < LC1. Выражение (5) описывает ситуацию, при которой жизненный цикл объекта сокращается за счет затраты части ресурсов на противодействие внешней среды. Чем сильнее воздействие, тем короче жизненный цикл LC2.

На практике существуют ситуации, при которых жизненный цикл управляется извне. В этом случае от объектов – носителей жизненного цикла переходим к объектам с управляемым жизненным циклом. Эта ситуация показана на рисунке 3.

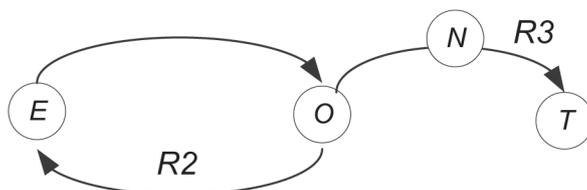


Рисунок 3 – Объект с регулируемым жизненным циклом

Рисунок 3 показывает, что существуют нормативы (N), которые имеют свой жизненный цикл и задают жизненный цикл для других объектов или процессов. Для ситуации на рисунке 3 объект тратит на достижение цели или функционирование ресурсы в объеме $R3 \leq R1^*$. В этом случае жизненный цикл объекта LC3 можно представить в виде (6)

$$LC3 = k1 \times R3 \leq k1 \times R1^* \tag{6}$$

или

$$LC3 \leq LC2. \tag{7}$$

Выражение (7) говорит о том, что нормативы могут сокращать жизненный цикл, но никак его не увеличивают. В случае (7) объект не является носителем жизненного цикла, а является индикатором. Носителем жизненного цикла для такой продукции является норматив. Жизненный цикл норматива или стандарта [7; 9] – это временной период, в течение которого эти документы пригодны как инструмент повышения качества продукции и эффективности производства. В силу этого нормативные документы, применяемые после окончания их жизненного цикла, становятся причиной неэффективного и неконкурентоспособного производства. Особенностью данного типа ЖЦ является то, что он управляется нормативом. Норматив задает одинаковый ЖЦ разным объектам, на которые он распространяется. Другой особенностью жизненного цикла норматива является то, что он задается директивно сверху. Таким образом, жизненный цикл норматива определяется эффективностью продукта с одной стороны и человеком, принимающим решение, – с другой. На рисунке 4 показана триада взаимосвязи среды (E) и продукта (Pr), жизненного цикла (LC) и человека (H).

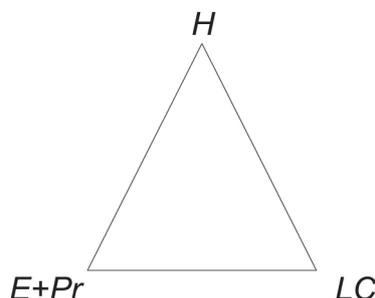


Рисунок 4 – Триада формирования жизненного цикла при использовании норматива

Для продуктов и систем – носителей жизненного цикла ЖЦ определяется по схеме взаимодействия

$$Pr \wedge E \rightarrow LC. \tag{8}$$

При наличии норматива нормативный ЖЦ определяется по более сложной схеме

$$Pr \wedge E \rightarrow In. \tag{9}$$

$$In \rightarrow H. \quad (10)$$

$$H \wedge IS \wedge A \rightarrow LC. \quad (11)$$

Выражение (9) говорит о том, что взаимодействие среды и продукта порождает индикационный сигнал (In). Выражение (10) говорит о том, что индикационный сигнал поступает высшему руководству (H). Выражение (11) говорит о том, что человек (H) исследует ситуацию (IS), проводит анализ (A) и на основе этого принимает решение изменить норматив жизненного цикла для данного объекта. Формирование жизненного цикла без применения норматива (8) является более оперативным по сравнению с цепочкой (9–10–11) формирования жизненного цикла с помощью норматива. Можно говорить об естественном жизненном цикле в выражении (8). Можно говорить об искусственном жизненном цикле, который описывают выражения (9), (10), (11).

Жизненный цикл обучающей системы

Программное обеспечение входит в состав технологии, обеспечивающей функционирование обучающей системы, и является частью системы. На рисунке 5 приведена модель формирования жизненного цикла обучающей системы (LS) как целостного объекта. Обучающей системой будем считать человеко-машинный комплекс, который использует программное и аппаратное обеспечение.

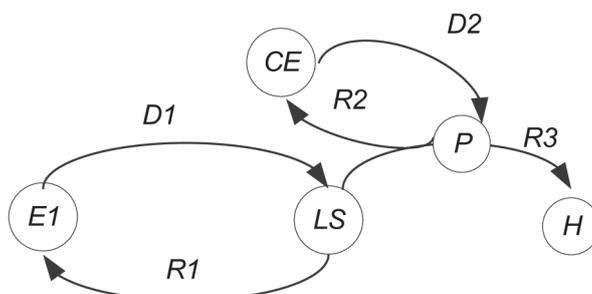


Рисунок 5 – Модель формирования жизненного цикла обучающей системы

Схема на рисунке 5 действует следующим образом. Обучающая система (LS) использует программное обеспечение (P) для обучения студентов (H). Программное обеспечение влияет на жизненный цикл обучающей системы. В силу этого вводится новое понятие объекта: объект с зависимым жизненным циклом от другого объекта. Обучающая система не существует сама по себе, а находится в обучающей среде ($E1$), от которой зависит ее функционирование. Это выражается в том, что среда ($E1$) посылает диссипативный информационный поток ($D1$): законодательные и нормативные акты, запросы на предоставление отчетности, справочную информацию и др. Этот поток диссипативный, поскольку отвлекает ресурсы на деятельность, не связанную с обучением, и требует ресурсных затрат ($R1$). Программное обеспечение (P) также требует расхода ресурсов ($R2$), поскольку оно функционирует в вычислительной среде (CE), от которой поступает информационный поток ($D2$) о состоянии среды и новых требованиях к ПО. Расход ресурсов ($R2$) связан с поддержкой ПО, например, при установке новой операционной системы или замене аппаратных компонентов. Общий ресурс образовательной системы R будет состоять из частей

$$R = R1 + R2 + R3,$$

где $R1$ – ресурсы, затрачиваемые на взаимодействие и удовлетворение требований образовательной среды;

$R2$ – ресурсы, затрачиваемые на поддержку программного обеспечения обучающей системы и соответствие требованиям меняющейся вычислительной среды;

$R3$ – ресурсы, затрачиваемые на обучение студентов (H).

Расходы ресурсов R1, R2 не являются разовыми, а являются систематическими.

Для увеличения жизненного цикла обучающей системы необходимо использовать дополнительные ресурсы и применять регенерацию программного обеспечения [2]. Регенерация ПО рассматривается как адаптация ПО к новым требованиям за счет обновления программных компонентов, изменения технологии их применения, доработки и др. Регенерация ПО применима при условии, что совокупность программ и алгоритмов образует связанную целостную систему. Модель формирования жизненного цикла обучающей системы с применением регенерации ПО приведена на рисунке 6.

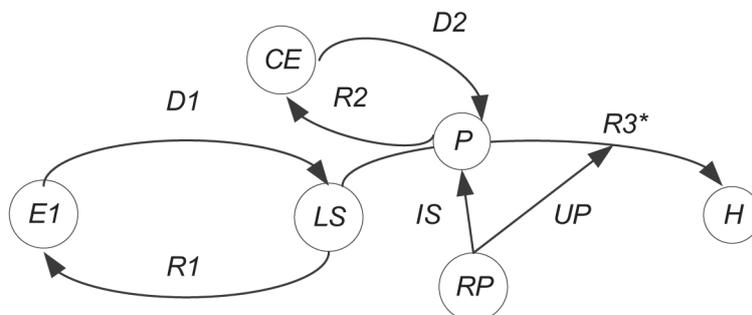


Рисунок 6 – Модель формирования жизненного цикла обучающей системы с применением регенерации ПО

Схема на рисунке 6 действует аналогично схеме на рисунке 5, но с некоторыми отличиями. Эти отличия состоят в том, что подключается внешний ресурс R3* для регенерации программного обеспечения (RP). На схеме рисунка 5 не оговорено, что при наличии вирусного воздействия (поток D1), программное обеспечение может выйти из строя и прекратить свое существование. Жизненный цикл обучающей системы прервется. Для предотвращения этой ситуации в пакет регенерации (RP) входит пакет информационной безопасности (IS). Программное обеспечение может устаревать как программно, так и технологически. Для устранения этой ситуации в пакет регенерации (RP) входит пакет обновления ПО (UP), что увеличивает жизненный цикл ПО и всей обучающей системы.

Общий ресурс обновленной образовательной системы будет состоять из частей

$$R = R1 + R2 + IS + R3 + UP = R1 + R2 + IS + R3^*.$$

Процедуру обновления (UP) учебные заведения осуществляют за счет своих внутренних ресурсов. Для поиска таких ресурсов либо нанимают специалистов, либо используют своих специалистов в области компьютерных технологий. Это создает неравенство между организациями, имеющими такие ресурсы и не имеющими такие ресурсы. Это создает неравенство и в качестве образования.

Эффективность и жизненный цикл обучающей системы

Для многих случаев жизненный цикл определяет эффективность эксплуатации обучающей системы. На языке отношений жизненный цикл и эффективность – соразмерные показатели. Увеличение жизненного цикла повышает эффективность и наоборот, уменьшение жизненного цикла снижает эффективность. Связь эффективности функционирования системы с жизненным циклом определяет важность поддержки жизненного цикла для любой системы. Поддержка жизненного цикла может быть внешней и внутренней. Внутренняя поддержка ЖЦ направлена на функционирование системы и исключение противоречий между ее компонентами. Внешняя поддержка ЖЦ направлена на отражение внешних угроз среды или конкурентов.

Жизненный цикл сложной системы может быть сложной моделью, зависящей от ряда независимых факторов: специфики решаемой задачи; масштаба и сложности проекта; специфики условий, в которых система создается и функционирует. В жизненном цикле ПО, как правило, выделяют 5 фаз: инициация (сбор и анализ требований к ПО), планирование (проектирование), выполнение (разработ-

ка, испытания, серийное производство), контроль и мониторинг (сопровождение), завершение (вывод из эксплуатации). Для того чтобы рассмотреть поддержку ЖЦ, рассмотрим несколько типовых моделей жизненного цикла.

Наиболее распространенная простая модель ЖЦ ПО – это водопадная (каскадная) модель, лежащая в основе ГОСТ 34 серии. Согласно этой модели, процесс создания и развития ПО выглядит как поток, последовательно проходящий фазы анализа требований, проектирования, реализации и тестирования, интеграции и поддержки. Более сложной является модель жизненного цикла, известная как петля качества, которая включает 11 фаз [7; 10; 14]. Согласно этой модели жизненный цикл продукции представляет собой совокупность взаимосвязанных процессов (11 фаз) изменения состояния продукции при ее создании и использовании. Модель отражает циклический переход продукции на новый уровень качества. Указанные модели являются статическими, поскольку не отражают динамику развития продукции или ПО.

При разработке ПО в условиях изменяющихся требований и высокой неопределенности предметной области применяется спиральная модель ЖЦ. Спиральная модель основана на выработке дополнительного ресурса в процессе функционирования системы. Эта модель ЖЦ является динамической. Фактически эта модель выполняет функции реинтеграции и регенерации ПО [3].

В данной работе предлагается ресурсная модель жизненного цикла [16], основанная на том, что объем ресурсов и скорость их расходования определяют жизненный цикл системы.

Следует различать диссипацию [11] и деградацию [15] объектов – носителей жизненного цикла, хотя результаты от этих процессов одинаковые и требуют затрат ресурсов. Деградация есть внутренний фактор. Он означает нарушение внутренней согласованности и комплементарности [5; 8] компонентов обучающей системы. Диссипация есть внешний фактор. Он означает изменение состояния обучающей системы или иной системы в сторону от целевого при внутренней согласованности компонентов системы. В первом случае ресурсы направляются на самовосстановление, потому что оно требуется всегда. Во втором случае они направляются на отражение угроз и самовосстановление, если оно требуется. Таким образом, значение ресурсов при поддержке жизненного цикла велико. Отсюда вытекает значение трансформации информации [17] в информационные ресурсы, которые увеличивают жизненный цикл информационных систем.

Заключение

Анализ результатов исследования данной работы показывает, что существуют три типа объектов по критерию жизненного цикла. Первый тип – это объекты – носители жизненного цикла. Примерами могут служить живые организмы, а применительно к теме исследования – программное обеспечение. Второй тип объектов – это объекты с управляемым жизненным циклом, чаще с помощью законодательных и нормативных актов. Третий тип объектов – это объекты, жизненный цикл которых зависит от жизненного цикла встроенных в них других объектов. Это объекты с зависимым жизненным циклом. К этому типу объектов относятся информационные системы с программным обеспечением. Анализ результатов исследования данной работы показывает, что для обеспечения устойчивой и надежной работы обучающей информационной системы целесообразно использовать дополнительное резервирование в виде регенерации программных средств.

Список литературы

1. Зарубин В.Н. Принцип ритмичности биологических процессов // Эксперт года 2020: сборник статей VIII Международного научно-исследовательского конкурса. – Пенза: Наука и Просвещение, 2020. – С. 9–13.
2. Матчин В.Т. Применение эволюционного моделирования для регенерации программного обеспечения // Образовательные ресурсы и технологии. – 2019. – № 4. – С. 42–52.
3. Матчин В.Т. Регенерация бортовых баз данных // Наука и технологии железных дорог. – 2019. – № 4 (12). – С. 20–29.

4. *Цветков В.Я.* Информатизация, инновационные процессы и геоинформационные технологии // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2006. – № 4. – С. 112–118.
5. *Цветков В.Я.* Комплементарность информационных ресурсов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 2. – С. 182–185.
6. *Цветков В.Я.* Развитие технологий управления // Государственный советник. – 2015. – № 4 (12). – С. 5–10.
7. *Цветков В.Я.* Стандартизация информационных программных средств и программных продуктов. – М.: МГУГиК, 2000. – 116 с.
8. *Щенников А.Н.* Комплементарность в образовательных технологиях // Современное дополнительное профессиональное педагогическое образование. – 2018. – № 4. – С. 3–14.
9. *Guinée J.B., Lindeijer E.* (ed.). Handbook on life cycle assessment: operational guide to the ISO standards. – Springer Science & Business Media, 2002.
10. *Jap S.D., Anderson E.* Testing a life-cycle theory of cooperative interorganizational relationships: Movement across stages and performance // Management science. – 2007. – Vol. 53, No. 2. – P. 260–275.
11. *Kawai R., Parrondo J.M.R., Van den Broeck C.* Dissipation: The phase-space perspective // Physical review letters. – 2007. – Vol. 98. – No. 8.
12. *Micheli L.* et al. Life-Cycle Cost Evaluation Strategy for High-Performance Control Systems under Uncertainties [Электронный ресурс] // Journal of Engineering Mechanics. – 2020. – Vol. 146, No. 2. – URL: <https://www.ascelibrary.org/doi/10.1061/ASCEEM.1943-7889.0001711> (дата обращения: 10.03.2020).
13. *Mueller D.C.* A life cycle theory of the firm // The Journal of Industrial Economics. – 1972. – Vol. 20. – P. 199–219.
14. *Panyukov D.I., Kozlovskiy V.N.* Highlights of Russian experience in implementing ISO/TS 16949 // Life Science Journal. – 2014. – No. 11 (8s). – P. 439–444.
15. *Singh B., Sharma N.* Mechanistic implications of plastic degradation // Polymer Degradation and Stability. – 2008. – Vol. 93. – No. 3. – P. 561–584.
16. *Tsvetkov V.Ya.* Resource Method of Information System Life Cycle Estimation // European Journal of Technology and Design. – 2014. – No. 2 (4). – P. 86–91.
17. *Tsvetkov V.Ya., Matchin V.T.* Information Conversion into Information Resources // European Journal of Technology and Design. – 2014. – No. 2 (4). – P. 92–104.

References

1. *Zarubin V.N.* Princip ritmichnosti biologicheskikh processov // Ekspert goda 2020: sbornik statej VIII Mezhdunarodnogo nauchno-issledovatel'skogo konkursa. – Penza: Nauka i Prosveshchenie, 2020. – S. 9–13.
2. *Matchin V.T.* Primenenie evolyucionnogo modelirovaniya dlya regeneracii programmnoho obespecheniya // Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii. – 2019. – № 4. – S. 42–52.
3. *Matchin V.T.* Regeneraciya bortovyh baz dannyh // Nauka i tekhnologii zheleznyh dorog. – 2019. – № 4 (12). – S. 20–29.
4. *Cvetkov V.Ya.* Informatizaciya, innovacionnye processy i geoinformacionnye tekhnologii // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Geodeziya i aerofotos'emka. – 2006. – № 4. – S. 112–118.
5. *Cvetkov V.Ya.* Komplementarnost' informacionnyh resursov // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. – 2016. – № 2. – S. 182–185.
6. *Cvetkov V.Ya.* Razvitie tekhnologij upravleniya // Gosudarstvennyj sovetnik. – 2015. – № 4 (12). – S. 5–10.
7. *Cvetkov V.Ya.* Standartizaciya informacionnyh programmnyh sredstv i programmnyh produktov. – М.: МГУГиК, 2000. – 116 с.
8. *Shchennikov A.N.* Komplementarnost' v obrazovatel'nyh tekhnologiyah // Sovremennoe dopolnitel'noe professional'noe pedagogicheskoe obrazovanie. – 2018. – № 4. – S. 3–14.
9. *Guinée J.B., Lindeijer E.* (ed.). Handbook on life cycle assessment: operational guide to the ISO standards. – Springer Science & Business Media, 2002.
10. *Jap S.D., Anderson E.* Testing a life-cycle theory of cooperative interorganizational relationships: Movement across stages and performance // Management science. – 2007. – Vol. 53, No. 2. – P. 260–275.
11. *Kawai R., Parrondo J.M.R., Van den Broeck C.* Dissipation: The phase-space perspective // Physical review letters. – 2007. – Vol. 98. – No. 8.

12. *Micheli L.* et al. Life-Cycle Cost Evaluation Strategy for High-Performance Control Systems under Uncertainties [Elektronnyj resurs] // Journal of Engineering Mechanics. – 2020. – Vol. 146, No. 2. – URL: <https://www.ascelibrary.org/doi/10.1061/ASCEEM.1943-7889.0001711> (data obrashcheniya: 10.03.2020).
13. *Mueller D.C.* A life cycle theory of the firm // The Journal of Industrial Economics. – 1972. – Vol. 20. – P. 199–219.
14. *Panyukov D.I., Kozlovskiy V.N.* Highlights of Russian experience in implementing ISO/TS 16949 // Life Science Journal. – 2014. – No. 11 (8s). – P. 439–444.
15. *Singh B., Sharma N.* Mechanistic implications of plastic degradation // Polymer Degradation and Stability. – 2008. – Vol. 93. – No. 3. – P. 561–584.
16. *Tsvetkov V.Ya.* Resource Method of Information System Life Cycle Estimation // European Journal of Technology and Design. – 2014. – No. 2 (4). – P. 86–91.
17. *Tsvetkov V.Ya., Matchin V.T.* Information Conversion into Information Resources // European Journal of Technology and Design. – 2014. – No. 2 (4). – P. 92–104.